

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

PUENTE DE QUEBEC (CANADÁ)

ESTADO DE LAS OBRAS

El Ingeniero de Artes y Manufacturas M. P. Calfas publica sobre el estado de las obras del puente de Quebec un extenso artículo en *Le Génie Civil*, que extractamos á continuación.

Estas obras, que se han seguido con gran actividad á pesar de las dificultades presentes, entran actualmente en una fase interesante: la terminación de las vigas cantiléveres que deben estar prontas dentro de algunos meses para recibir la viga suspendida central que completará la obra.

Se recordará que el primer puente de Quebec, comenzado en 1903, que debía poseer el mayor arco del mundo (549 metros) se hundió durante el montaje el 27 de Agosto de 1907.

En esta REVISTA hemos tratado, en diferentes ocasiones, tanto de la catástrofe como de las causas á que se atribuía; no hemos, pues, de insistir sobre ello.

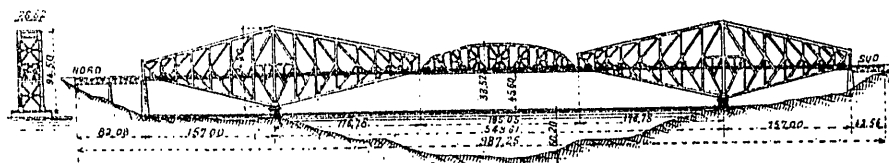
Poco después de la catástrofe se abrió un concurso para la reconstrucción de la obra en el mismo emplazamiento, es decir,

orilla á un pilar de mampostería y el brazo cantilever, que avanza en falso 176 metros, próximamente, por encima del río, llevando una viga parabólica de 194,50 metros de longitud. La anchura de la obra es de 26,75. Su peso es considerable (60.000 toneladas, próximamente), y está soportado casi en su totalidad por dos pilas establecidas en el río (fig. 2.^a).

Monsieur Calfas pasa, después de estas consideraciones preliminares, á tratar del montaje del puente y del estado de las obras después de tres años empleados en su prosecución, según los datos contenidos en el *Engineer*, el *Electrician*, el *Engineering Record* y el *Scientific American*.

MONTAJE DEL PUENTE.—Todas las piezas del puente han sido construídas en una fábrica establecida especialmente por la Saint-Laurence Bridge C.^o, en Montreal, y que ha sido equipada con máquinas-herramientas de extraordinarias dimensiones y de gran precisión, necesarias para trabajar estructuras de dimensiones excepcionales.

Esta fábrica, cuya instalación ha costado un millón de dólares, y que ocupa unos edificios de 50 metros de anchura y de 200 metros de longitud, próximamente, puede producir 2.000 toneladas de armadura cada año.



Figs. 1.^a y 2.^a

á 8 kilómetros, próximamente, agua arriba de Quebec, y las obras se adjudicaron el 4 de Abril de 1911 á la Saint-Lawrence Bridge C.^o, consorcio canadiense formado por la Dominion Bridge C.^o, de Montreal, y la Canadian Bridge C.^o, de Wakerville (Ontario, Canadá). Las características del proyecto adoptado están indicadas en las figuras 1.^a y 2.^a El contrato suponía un gasto de dólares 8.650.000 para el puente metálico, propiamente dicho, y un gasto total de, próximamente, 12 millones de dólares, comprendiendo el costo de las fundaciones.

Recordaremos, como hace el autor del artículo mencionado, que el puente de Quebec tiene una longitud total de 987,25 metros y un tramo central de 548,60 metros de luz. Se compone esencialmente de dos vigas cantiléveres de 333 metros, próximamente, de longitud y 94 metros de altura máxima, soportadas cada una por una pila, estando anclado el brazo próximo á la

Las piezas del puente, cargadas sobre chalanas, se conducen en cada orilla á un vasto taller servido por un puente móvil de 90 toneladas, de donde una vía de servicio las lleva al emplazamiento del puente, al alcance de los aparatos de elevación que sirven para el montaje.

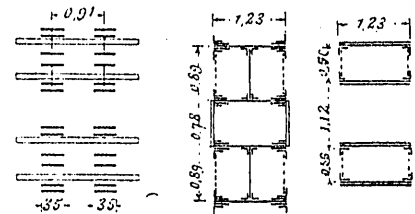
Las figuras 5.^a á 13 que muestran las secciones de las vigas y de los montantes del brazo de anclaje, dan una idea de la masa considerable de los diversos trozos que constituyen la obra que ha sido necesario manejar para el montaje. Se ve que la viga superior (figuras 5.^a y 11) se compone de una reunión de dos cajones de claraboya que tienen, próximamente, 2,25 metros de lado; la primera diagonal está formada (fig. 6.^a) de dos vigas de sección en H, y el primer montante está constituido, principalmente, de barras planas (fig. 7.^a). Los otros elementos son, principalmente, cajones de sección en H, simples ó conjugados, que

alcanzan, para el montante principal situado sobre la pila, 3 metros de lado, próximamente (fig. 12).

El montaje del puente ha comenzado, después de la construcción de los cortos tramos de aproximación, por la colocación de la viga inferior del brazo de anclaje, en la orilla septentrional. Esta parte del montaje se ha efectuado con mucha sencillez: un andamiaje móvil especial circulando sobre el tramo de aproximación elevaba las piezas del puente que estaban colocadas sobre un andamiaje de madera y armadura metálica, construido en la orilla, y que soportaba la viga inferior y el tablero. Se construyó así, durante el verano de 1913, la viga inferior y el tablero del brazo septentrional, así como una parte de las barras de celosía. Tan pronto como los elementos del tablero estuvieron colocados, es decir, á fines de 1913, se ha hecho avanzar sobre esta estructura el andamiaje móvil, llamado *traveler*, destinado á poner en su sitio todos los elementos de los brazos cantiléveres, y que desempeña un importante papel en la cons-

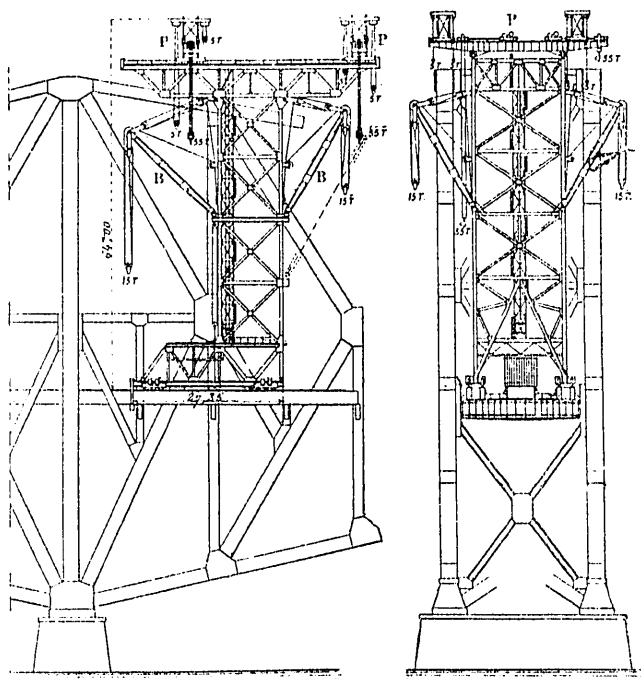
longitud total de 34 metros. Por otra parte, unos puntales *B* están montados á la mitad de la altura de los pilares, en los cuatro ángulos, pudiendo cada uno de ellos efectuar una rotación de 270 grados de amplitud.

Los dos puntos móviles superiores tienen cada uno dos tor-



Figs. 7.^a á 9.^a

Fig. 7.^a—Montante sobre la pila de anclaje.
Fig. 8.^a—Última barra vertical.
Fig. 9.^a—Última diagonal.



Figs. 3.^a y 4.^a

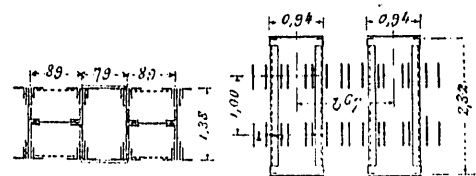
trucción del puente; un aparato semejante se emplea sobre cada una de las dos vigas cantiléveres, y el cual avanza á medida que progresa la construcción.

Andamiaje móvil.—Este aparato de elevación (figuras 3.^a y 4.^a) se compone de un pilar metálico, de sección rectangular, de 16,50 × 10,20 metros, y de 60 metros, próximamente, de altura, soportado por cuatro *trucks* de seis ruedas cada uno. La base está alargada unos 27 metros, lo que permite que pueda instalar-

nos principales de 55 toneladas cada uno y dos tornos auxiliares, comprendiendo cada uno de éstos dos ganchos de 5 toneladas. Los puntales tienen unos tornos que pueden elevar cada uno 15 toneladas. El desplazamiento del pilar mismo sobre el tablero se obtenía empleando momentáneamente los motores de 50 caballos de los puntales, para mover los ejes de los *trucks*. Las características principales del equipo de un pilar se indican en el cuadro siguiente:

ORGANOS DE ELEVACIÓN	SERVICIO	Número de motores.	Potencia unitaria. Caballos.	Potencia total. Caballos.
Puntales de 15 toneladas	Elevación.....	4	50	200
	Rotación.....	4	5	20
	Elevación.....	4	80	320
Puentes móviles de 55 toneladas.....	Desplazamiento del puente...	2	16	32
	Idem del torno.	4	5	20
Tornos auxiliares.....	Elevación.....	8	20	160
TOTALES.....		26		752

Todos los motores se mueven por medio de la corriente continua á 250 voltios, suministrada por dos subestaciones de transformación, una en cada orilla, abastecidas con corriente alterna producida por unas fábricas hidroeléctricas, y que están unidas por un cable de socorro submarino colocado á través del río. En caso de accidente en una de las fábricas, la otra puede, po-

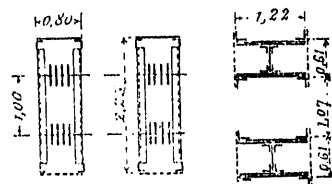


Figs. 10 y 11.

Fig. 10.—Viga inferior.
Fig. 11.—Viga superior del último cuadro.

lo tanto, abastecer todo el taller, cuya potencia es de 1.600 caballos.

El peso de cada uno de estos pilares de montaje llega á 840 toneladas á pesar de haber procurado aligerarlos por el empleo de aceros muy resistentes. Así sucede con las vigas de los puentes móviles que son de acero al níquel. La velocidad de desplazamiento del pilar sobre el tablero del puente es de 3 metros, próximamente, por minuto. Los motores de los puentes móviles están colocados sobre los tornos mismos, mientras que los de los puntales están en la base y en la parte posterior del aparato. En la parte anterior hay una pasadera desde donde se pueden ver fácilmente los diferentes tornos. Hay un hombre en cada



Figs. 5.^a y 6.^a

Fig. 5.^a—Viga superior en el origen.
Fig. 6.^a—Primera diagonal.

se en ella una sala de máquinas en la parte posterior, que forma también contrapeso. En la parte superior del pilar se encuentra una plataforma que tiene una longitud total de 46 metros en el sentido del eje del puente; sobre esta plataforma se mueven unos puentes *P*, cuyos extremos están al aire, y que tienen una

aparato de elevación que está en comunicación por teléfono con el Jefe que se encuentra en la pasadera.

El primer pilar, montado sobre el tramo de aproximación septentrional, se acabó en Mayo de 1914, y sirvió en seguida para montar el andamiaje, la viga inferior y el tablero, después la viga superior y las barras de celosía, á medida que se pudo

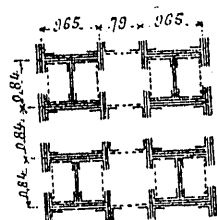


Fig. 12.

Fig. 12.—Montante principal sobre la pila.

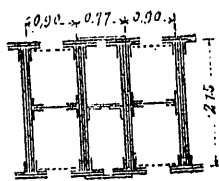


Fig. 13.

Fig. 13.—Viga inferior del último cuadro.

avanzar sobre el tablero ya construido. El montaje se efectúa de la manera siguiente: la viga que hay que colocar se lleva sobre unos *trucks* debajo del pilar del montaje, cogiéndose después por dos, ó si es necesario por cuatro ganchos de 55 toneladas cada uno de fuerza. El eje de articulación de la pieza, destinado á sostenerla antes del roblonado, está suspendido de uno de los ganchos de 5 toneladas, llevado á su sitio, y después forzado con la ayuda de un émbolo hidráulico soportado por otro gancho también de 5 toneladas.

Andamiaje suspendido.—Para el montaje de los brazos cantiléveres, encima del río, se ha completado el material de montaje por un andamiaje suspendido llamado *flying bridge* (puente volante), destinado á formar un piso de soporte, principalmente, para la colocación de los trozos de la viga inferior. Era necesario, en efecto, regular exactamente la posición de estas pesadas vigas sobre puntos de apoyo suficientemente rígidos y provistos

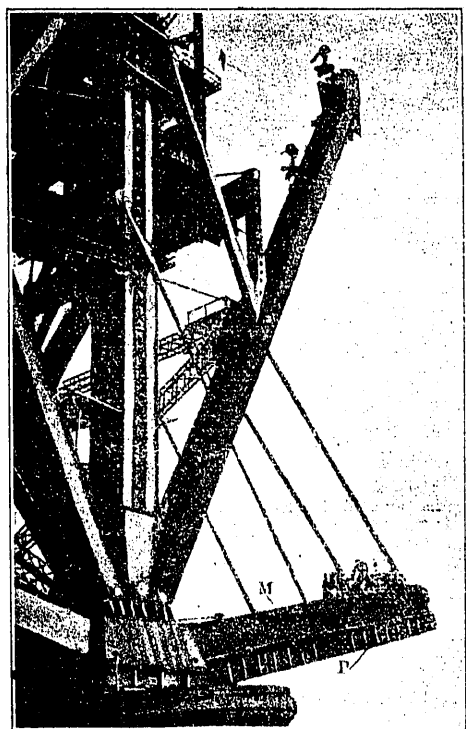


Fig. 14.

de disposiciones de regulación precisas: los tornos del andamiaje móvil hubieran sido insuficientes para este uso.

El andamiaje suspendido está compuesto (figuras 14 y 16) de una plataforma en celosía comprendiendo dos vigas principales dobles muy fuertes, colocadas exactamente con la misma separa-

ción que las vigas del puente. El aparato está suspendido, por cada lado, de dos sistemas de varillas, compuesto cada uno por un par de barras, de largas dimensiones y de varios pares de otras barras, de cortas dimensiones, amovibles; la longitud de estas barras es, por otra parte, regulable con la ayuda de partes fileteadas, lo que permite regular exactamente la posición del andamiaje. Las vigas principales de éste llevan cada una dos gatos hidráulicos de 100 toneladas, destinadas á ejercer los esfuerzos necesarios sobre los trozos de viga para llevarlos exactamente á su posición de montaje.

Este puente suspendido se coloca por medio del andamiaje móvil, que lo soporta hasta que las varillas de suspensión están reguladas. Al principio del montaje del tramo cantiléver, la plataforma *P* (fig. 14) se ha llevado encima de la pila de mampostería contra la zapata de soporte de los montantes verticales, manteniéndose el otro extremo de las vigas por las varillas de soporte. Se han montado sobre la plataforma las vigas inferiores *M* del primer cuadro de celosía, después con la ayuda del andamiaje móvil se ha colocado el montante vertical y la viga

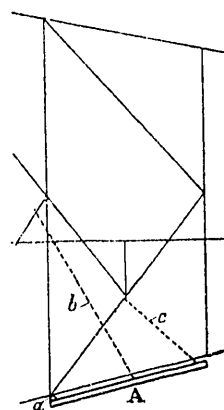


Fig. 15.

superior terminando este cuadro, y en fin, la porción correspondiente del tablero. Después de esto se ha podido hacer avanzar el andamiaje móvil la anchura de un cuadro y servirse de él para montar las barras de celosía oblicuas en forma de *K* del cuadro siguiente. Después de este montaje, se ha podido mover el andamiaje suspendido; éste *A* (fig. 15) se ha avanzado entonces un cuadro, estando adosada su parte inferior á unas ménsulas *a*, fijadas especialmente para este efecto después de estar ya colocadas las vigas inferiores, estando suspendidas las vigas del andamiaje, como lo indica el croquis (fig. 15) de las varillas apropiadas *b* y *c*. Á cada desplazamiento del andamiaje se acortan las barras de suspensión de una manera correspondiente á la variación de altura de los cuadros sucesivos.

Progresos del montaje.—Como se ha dicho anteriormente, el primer andamiaje móvil se ha montado en la orilla septentrional durante el final de 1913 y principios de 1914; en Mayo de este último año se ha llevado sobre la pila de anclaje y ha servido para la construcción del andamiaje que debía soportar el tablero y para la del tablero mismo. El tramo de aproximación se había reforzado para poder soportar el peso del andamiaje móvil. El montaje de las vigas y de las barras en celosía siguió al del tablero, y en Julio de 1914 el brazo de equilibración entre el pilar de anclaje y la pila principal estaba casi terminado. El 18 de Julio se comenzó el montaje de los cajones por los cuales descansan las vigas sobre la pila. Estos cajones, que corresponden á cada una de las vigas del brazo, tienen estructuras de dimensiones considerables: cada uno de ellos pesa 450 toneladas y está constituido por secciones de acero fundido que pesan cada una 50 toneladas. Una vez puestos en su sitio los cajones,

se colocaron los soportes de los montantes propiamente dichos y se montaron los montantes verticales, así como las barras diagonales que terminan en ellos. Se continuó el tablero sobre la pila, llevándose allí el andamiaje móvil que sirvió para comen-

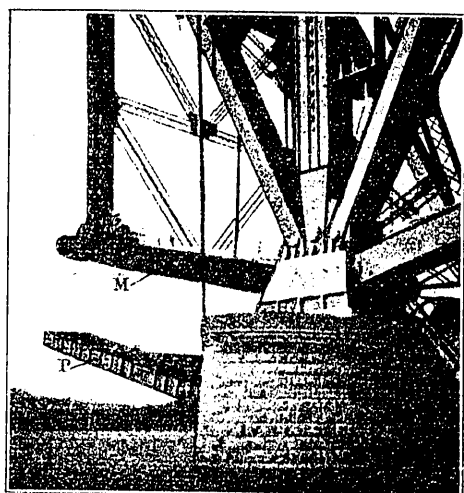


Fig. 16.

zar el montaje de las estructuras que descansan directamente sobre la pila (fig. 14).

Las diversas estructuras del puente se han fabricado con una gran precisión, que ha facilitado el montaje y le ha hecho más rápido. En todos los nudos de ensambladura se había previsto una plataforma de montaje dispuesta para facilitar la estancia de los trabajadores que podían trabajar en ellos en perfectas condiciones de seguridad.

En la orilla meridional, durante esta primer campaña, se

sitio. El andamiaje así completado sirvió para levantar el brazo de anclaje, de la misma manera que en la orilla septentrional, pero con una mayor velocidad, gracias á la experiencia adquirida; el montaje del brazo de anclaje y de los montantes sobre la pila se terminó á principios de Noviembre de 1915. La figura 17 representa el estado del puente en esta fecha.

Este mismo año se prosiguió rápidamente el montaje del brazo cantilever, calculándose que se terminará en Septiembre de este año. El andamiaje interior de soporte del brazo de anclaje se ha quitado, transportándose á los talleres de la Saint-Lawrence Bridge Co., para modificarle de manera que pueda emplearse para el montaje del tramo central suspendido.

Este tramo parabólico está en la actualidad en construcción á una cierta distancia agua abajo del emplazamiento del puente, adonde se llevará por flotación. La longitud total de este tramo es de 195 metros y su anchura de 26,80, llegando su peso total á 5.000 toneladas, próximamente. Se soportará por andamiajes establecidos sobre seis pontones de 9,75 metros de longitud y 49 de anchura, con un calado en carga de 2,50 metros, próximamente.

El tramo se colocará por medio de gatos hidráulicos de 1.000 toneladas, en número de ocho, colocados por pares en los extremos de los brazos cantiléveres y levantando unas vigas de suspensión. El recorrido de los gatos es de 60 centímetros y se espera poder efectuar la elevación completa, que llegará, próximamente, á 40 metros sobre la plataforma de los pontones, en veinticuatro horas.

Si no viene á retardar algún incidente los últimos trabajos, el año 1916—concluye M. Calfas—verá terminarse el puente de Quebec, que constituirá una de las mayores obras de este género.

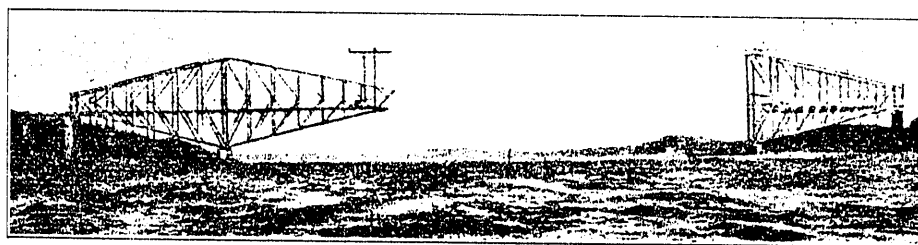


Fig. 17.

construyó el tramo de aproximación y se comenzó el montaje del andamiaje móvil.

El montaje, suspendido por el invierno, se reanudó en el mes de Abril de 1915. Sobre la pila septentrional se concluyeron los montantes principales, de 94,50 metros de altura y de 3×3 metros de sección; cada uno de ellos, del peso de 100 toneladas, aproximadamente, se componía de 27 trozos; se montaron todos dos á dos juntos, y el cuadro que forman con su arriostramiento se terminó á fines de Mayo de 1915.

El montaje del brazo cantilever se comenzó al mes siguiente y se prosiguió durante la estación, terminándose en Noviembre de 1915 la estructura completa que descansa sobre la pila septentrional. La estructura completa, compuesta del brazo de anclaje y del brazo cantilever, ha sido, pues, montado en catorce meses de trabajo, durante los cuales el andamiaje móvil ha colocado 35.000 toneladas de armaduras, comprendiendo el andamiaje.

En la orilla meridional el andamiaje móvil se terminó el 1.º de Junio de 1915; se empleó en seguida para volver á montar el andamiaje de soporte de la viga inferior, que se había empleado en la orilla septentrional y que se transportó á la meridional, excepto unos pilares exteriores que se dejaron en su

ro, notable, á la vez, por sus dimensiones y por los procedimientos que se han empleado para su construcción, permitiendo la conclusión de una nueva línea transcontinental, la del Gran Trunk, que pondrá en comunicación los dos Océanos á través del Canadá.

EL AGUA POTABLE

(CONTINUACIÓN) (1)

Dada la forma de invasión y de propagación de la enfermedad en los países donde se presenta epidémicamente, no cabe duda que su vehículo de difusión es el agua de bebida contaminada en la misma forma que hemos hablado con respecto á los gérmenes de la fiebre tifoidea y el cólera.

Caracteres del bacilo disintérico.—Es un pequeño bastoncillo de extremidades ligeramente afiladas, y de dimen-

(1) Véase el número anterior.